

GaN based III-V compound semiconductor light-emitting device

Patent number: TW475276 (B)
Publication date: 2002-02-01
Inventor(s): HO JIN-KUO [TW]; PAN SHYI-MING [TW]; CHIU CHIEN-CHIA [TW]
Applicant(s): IND TECH RES INST [TW]
Classification:
- **international:** *H01L33/00; H01L33/00*; (IPC1-7): H01L33/00
- **European:**
Application number: TW20000123451 20001107
Priority number(s): TW20000123451 20001107

Abstract of TW 475276 (B)

A GaN based III-V compound semiconductor light-emitting device comprises a p-type electrode and an n-type electrode disposed on the opposite surfaces of an n-type transparent semiconductor substrate. The p-type electrode is a mirror electrode and reflects light generated by the light-emitting device. The manufacturing process is thus simplified and the light-emitting efficiency of the light-emitting device is increased. In addition, sides of the n-type transparent semiconductor substrate can be slopes, and an electrode contact surface and sides of the n-type semiconductor substrate can be roughened to minimize internal total reflection of the GaN LED and to further increase the light-emitting efficiency.

.....
Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

公告本

申請日期：89.11.1

案號：89123451

類別：H01L 33/00

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

475276

一、 發明名稱	中 文	氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件
	英 文	
二、 發明人	姓 名 (中文)	1. 何晉國 2. 潘錫明 3. 邱建嘉
	姓 名 (英文)	1. Jin-Kuo HO 2. Shyi-Ming PAN 3. Chien-Chia CHIU
	國 籍	1. 中華民國 2. 中華民國 3. 中華民國
住、居所	1. 台北市光復北路60巷19-10號2樓 2. 彰化縣和美鎮孝慈路39巷3號 3. 台北市民權東路三段184巷1號6樓	
三、 申請人	姓 名 (名稱) (中文)	1. 財團法人工業技術研究院
	姓 名 (名稱) (英文)	1. Industrial Technology Research Institute
	國 籍	1. 中華民國
	住、居所 (事務所)	1. 新竹縣竹東鎮310中興路四段195號
	代表人 姓 名 (中文)	1. 林信義
代表人 姓 名 (英文)	1.	



本案已向

國(地區)申請專利

申請日期

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

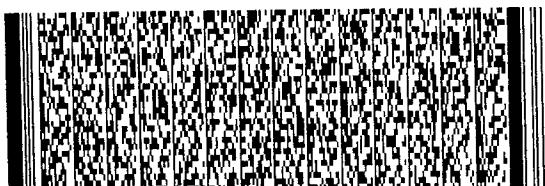
寄存號碼

無

四、中文發明摘要 (發明之名稱：氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件)

一種氮化鎵 (GaN) 系列III-V族半導體發光元件 (LED)，將一p電極與一n電極設計於一n型透明半導體基板的不同面，且該p電極為一反射鏡電極 (mirror electrode) 用以反射該發光元件所產生的光，因此可簡化製程，並同時增加該發光元件的發光效率。另外，該n型透明半導體基板之側面可為傾斜面，且該n型半導體基板的一電極接觸面以及該側面可為粗糙化之表面，如此可減少該GaN LED的內部全反射，亦可提高發光效率。

英文發明摘要 (發明之名稱：)



五、發明說明 (1)

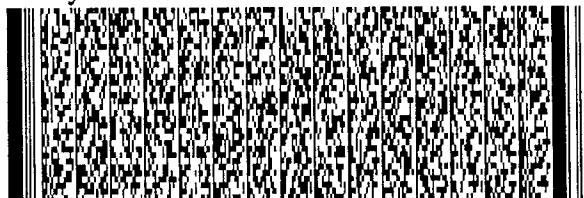
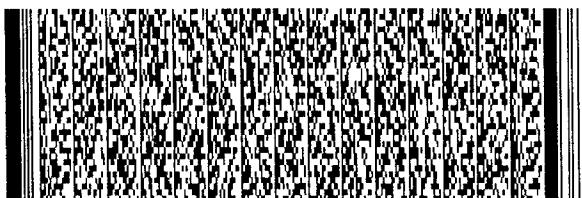
【發明之應用領域】

本發明係關於氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，特別是關於一種p電極及n電極分別在基板兩面的氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件。

【發明背景】

現今的氮化鎵系列發光二極體 (GaN LED) 元件的結構，除了Cree公司是使用SiC當基板外，其餘幾乎都是採用不具導電性的藍寶石 (Sapphire) 作為基板的材料。由於SiC基板的價格十分昂貴，且以SiC基板所製作的GaN LED，在亮度上也不如以Sapphire基板為主的GaN LED，使得SiC基板的GaN LED不如Sapphire基板的GaN LED普遍。然而以Sapphire為基板的GaN LED仍存在相當多的缺點，例如，GaN與Sapphire的晶格常數差異性大，所生長的磊晶層缺陷多，品質不易控制造成製程上的困難。且由於Sapphire基板不導電，所以p電極與n電極必須做在基板的同一面，也增加了製程的複雜性。另Sapphire基板的硬度太高，不利於晶粒的切割，亦造成製程的困難度。另一方面，以Sapphire為基板的GaN LED為了增加發光面積必須採取覆晶 (Flip Chip) 的封裝方式，而為了降低覆晶封裝時對準上的困難度，並且避免短路 (short circuit) 發生，而必須增加晶粒的面積，使得每一晶片的總晶粒數減少。

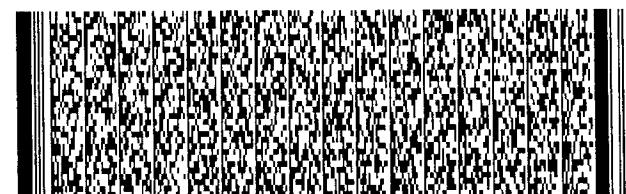
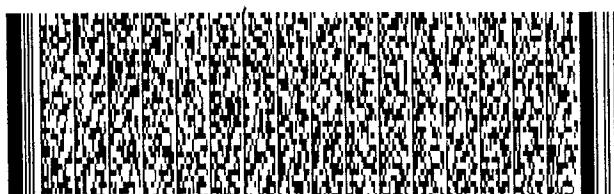
此外，傳統GaN LED當電流注入元件時，無法在p型半導層中進行均勻地擴散，發光區域被局限於金屬電極的四



五、發明說明 (2)

周，而不透明的金屬電極又會造成光的遮蔽，因此造成GaN LED 發光效率無法提昇。為了解決與p型GaN半導體層接觸電極的應用問題，一般的解決方法均著重在該金屬電極材料的選擇上、熱處理條件的改變以及電極製作方式的改善等方面。

「第1圖」繪示一種習知的GaN LED元件的結構剖面示意圖。該GaN LED元件包括：一Sapphire基板1；成長於該Sapphire基板1之一表面上的GaN半導體元件結構之磊晶層2，以及在該磊晶層2上的一n電極3和一薄金屬p電極4。而該磊晶層2係至少由一n型氮化鎵(n-GaN)半導體層5以及一p型氮化鎵(p-GaN)半導體層6所組成。在該薄金屬p電極4上則可形成有一範圍較小的金屬墊7(bonding pad)。以薄金屬層作為透明電極雖然可達到光穿透效果，但其透光率仍受到限制，而會對光的輸出造成些許的阻擋，降低元件的發光效率。且薄金屬層結構的總厚度要低於數百埃，甚至要到100埃以下，才能達到透光效果。然而，製作如此薄的金屬結構作為透明電極，會造成製程上的困難，使生產良率無法提昇。此外，該薄金屬層的厚度均勻性不易精準控制，發光的均勻性亦受到限制。另外，該薄金屬易與環境中的水氣反應而劣化，降低元件的壽命與可靠度。因此必須額外的鈍態保護層8以保護該薄金屬電極。如此，亦增加了製程的複雜性以及生產的成本。綜上所述，仍有必要對GaN LED元件提出進一步的創新與改良。



五、發明說明 (3)

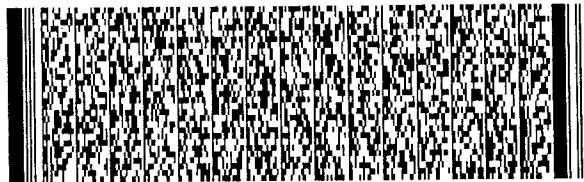
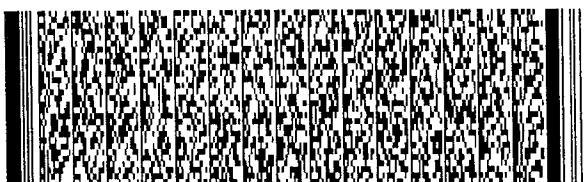
【發明之目的及概述】

據此，本發明的目的仍是為了以提昇發光效率，降低製程困難度，而提供一種新的GaN LED元件的結構。

根據上述目的，本發明的一種GaN LED元件，將一p電極與一n電極設計於基板的不同面，且該p電極為一反射鏡電極 (mirror electrode)，因而可簡化製作流程並提昇發光效率。該GaN LED元件包括：一n型透明半導體基板，其具有一磊晶面以及一電極接觸面；一半導體元件結構，成長於該n型透明半導體基板之該磊晶面上，該半導體元件結構至少由一n型氮化鎵系列III-V族化合物半導體以及一p型氮化鎵系列III-V族化合物半導體所組成；一p透明接觸電極膜，形成於該半導體元件結構上，並與該p型氮化鎵系列III-V族化合物半導體形成低電阻歐姆接觸；一反射鏡金屬p電極，形成於該p透明接觸電極膜上；以及，一金屬n電極，形成於該電極接觸面上。

其中該p型氮化鎵系列III-V族化合物半導體之最外層可包括一p型 $Al_xGa_yIn_zN/Al_pGa_qIn_rN$ 超晶格半導體，其中 $0 \leq x, y, z, p, q, r \leq 1$ ， $x+y+z=1$ ， $p+q+r=1$ ， $Al_xGa_yIn_zN$ 的能隙大於 $Al_pGa_qIn_rN$ ，且最外層為 $Al_pGa_qIn_rN$ 。如此可直接與該反射鏡p電極形成良好的低電阻歐姆接觸，而可不需要該p透明接觸電極膜。

根據上述本發明的目的，該n型透明半導體基板之側面可具有傾斜面，亦即該側面有部份或全部之面傾斜於該n型透明半導體基板之該磊晶面與該電極接觸面。另外，



五、發明說明 (4)

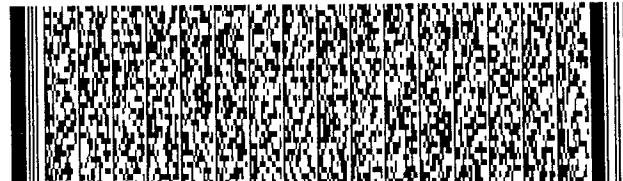
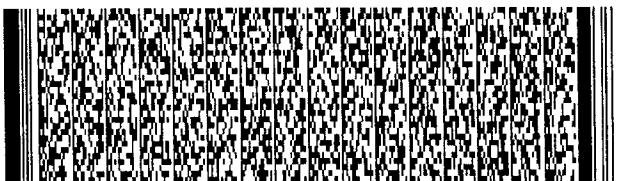
該電極接觸面與該側面可為粗糙化之表面，如此可減少全反射，而提高發光效率。

為使對本發明的目的、構造特徵及其功能有進一步的瞭解，茲配合圖示詳細說明如下：

【實施例詳細說明】

參考「第2A圖」，繪示根據本發明的一種GaN LED元件的結構。該GaN LED元件主要由一透明導電基板11、一半導體元件結構12、一p透明接觸電極膜13、一反射鏡p電極14以及一金屬n電極15所組成。在本實施例中，該透明導電基板11為一n型GaN導電基板，用以當作窗戶層(window layer)。然而該透明導電基板11亦可選用其它的材質，例如，n-ZnO、n-SiC、n-LiAlO₂、n-LiGaO₂等。該透明導電基板11具有一磊晶面111及一電極接觸面112。該半導體元件結構12係磊晶成長於該磊晶面111上，而該金屬n電極15則形成於該電極接觸面112上，作為對外電性連接之用，該金屬n電極15的材質可包括Au或Al等。該電極接觸面112並可具有一n透明導電膜16，例如為一ITO透明導電膜，該ITO透明導電膜具有良好的透光性，且可與n-GaN基板形成良好的歐姆接觸，接觸電阻率可低至 $5 \times 10^{-4} \Omega$ (J.K. Sheu et al, "Indium tin oxide ohmic contact to highly doped n-GaN", Solid-State Electronics, Vol. 43, 1999, pp. 2081-2084)。

成長於該磊晶面111的該半導體元件結構12至少包括一n型氮化鎵(GaN)系列III-V族化合物半導體121(以下



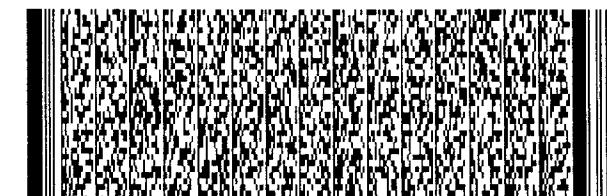
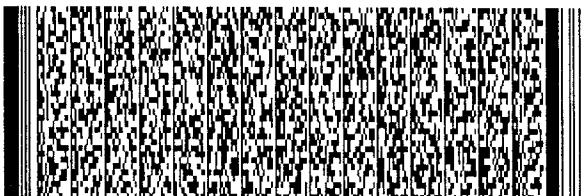
五、發明說明 (5)

簡稱為n型氮化物半導體) 以及一p型氮化鎗(GaN)系列III-V族化合物半導體122(以下簡稱為p型氮化物半導體)。該p透明接觸電極膜13，例如為NiO或NiO/Au，係形成於該p型氮化物半導體122上，可與該p型氮化物半導體122形成良好的歐姆接觸，使電流均勻擴散至整個p型氮化物半導體層表面，並具良好的透光性(何晉國，鍾長祥，鄭振雄，黃兆年，陳金源，邱建嘉，史國光，"半導體之歐姆接觸及其製作方法"，中華民國專利，公告第386286號)。

該反射鏡p電極14，例如為Ag或Al電極，形成於該p透明接觸電極膜13上，用以反射該GaN LED所產生的光線，藉由該p透明接觸電極膜13以及該反射鏡p電極14可有效增加該GaN LED的發光效率。且該反射鏡p電極14與該金屬n電極15在不同面，更可簡化製程與降低生產成本。

另外，如「第2B圖」所示，若該p型氮化物半導體122之最外層具一p型 $Al_xGa_yIn_zN/Al_pGa_qIn_rN$ 超晶格半導體，其中 $0 \leq x, y, z, p, q, r \leq 1$ ， $x+y+z=1$ ， $p+q+r=1$ ， $Al_xGa_yIn_zN$ 的能隙大於 $Al_pGa_qIn_rN$ ，且最外層為 $Al_pGa_qIn_rN$ 。則該p型氮化物半導體122可直接與該反射鏡p電極14形成良好的低電阻歐姆接觸，而可不需要在該反射鏡p電極14與該p型氮化物半導體122之間形成該p透明接觸電極膜。

參考「第3圖」為本發明的另一個實施例，該透明導電基板11的該電極接觸面112可加以粗糙化，平均粗糙度 ≥ 300 埃，以減少內部全反射而增加發光效率。其中該電極接觸面112的粗糙化可以是無序的(random)亦可有一



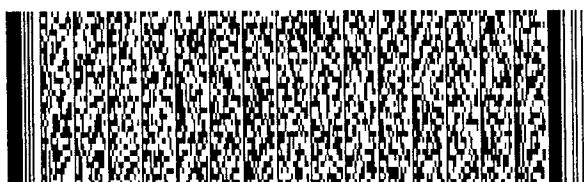
五、發明說明 (6)

定的紋理 (texture)。另外，如「第4圖」所繪示，該粗糙化的電極接觸面112上，同樣地可形成有一n透明導電膜16。

參考「第5A、5B圖」為本發明的另兩個實施例，該透明導電基板11的側面123可具有傾斜面，亦即該側面123之部份或全部可與該電極接觸面112及該磊晶面111不為垂直而呈傾斜之角度，該傾斜面不限定為平面，亦可為曲面或不規則面。其中該電極接觸面112可小於該磊晶面111，使該透明導電基板11呈上窄下寬的形狀。如此，同樣地可減少內部全反射的機率而增加光穿透的機會。另外，如「第6圖」所示，該電極接觸面112亦可加以粗糙化，而該粗糙化後的電極接觸面上，亦可形成一n透明導電膜16。另該n透明導電膜16可如「第7、8圖」所繪示，延伸至該透明導電基板11的側面113。

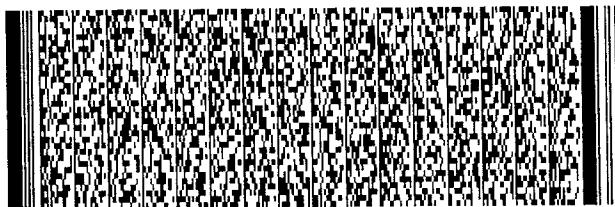
又參考「第9圖」所繪示之GaN LED元件結構。該透明導電基板11的側面113為傾斜面，且該電極接觸面112大於該磊晶面111，使該透明導電基板11呈上寬下窄的形狀。同樣地可減少內部全反射而增加發光效率。而該電極接觸面112同樣可加以粗糙化，亦可形成該n透明導電膜16而如「第10圖」中所繪之結構。

以上所述者，僅為本發明其中的較佳實施例而已，並非用來限定本發明的實施範圍，熟習該項技術者當可作適當的修飾與更改，例如，該金屬n電極除了可為Au、Al外，亦可為Pt、Pd、Ag、Co、Ni、Ti、Zr、Hf、V、Nb、



五、發明說明 (7)

Ta、Cr、Mo、Cu。而該反射鏡p電極可為Ag、Al以外的材質，如Mg、Pt、Pd、Au、Co、Ni、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo等。另外，可與該p型GaN半導體形成良好歐姆接觸的透明導電膜，除了NiO外，亦可選用MnO、FeO、CoO、PdO、MoO₂、MnO₂、Fe₂O₃、Co₃O₄、Cr₂O₃、CrO₂、Rh₂O₃、CuAlO₂、SrCu₂O₂。而可與該n型透明半導體基板形成良好歐姆接觸的透明導電膜除了ITO外，亦可選用ZnO、SnO₂、In₂O₃、Tl₂O₃、CdO、In₄Sn₃O₁₂、ZnSnO₃、SnZn₂O₄、Zn₂In₂O₅、ZnGa₂O₄、CdSb₂O₆、GaInO₃、MgInO₄、AgInO₂、MIn₂O₄ (M=Mg、Ca、Sr、Ba) 等材質。故凡依本發明申請專利範圍所作的均等變化與修飾，皆為本發明專利範圍所涵蓋。



圖式簡單說明

【圖式簡單說明】

第1圖，繪示一種習知的GaN LED發光元件剖面示意圖，該發光元件的p電極與n電極在基板的同一面，且該p電極為薄金屬電極。

第2A圖，繪示根據本發明的一種GaN LED發光元件剖面示意圖，該發光元件的p電極與n電極在基板的不同面，且該p電極為一反射鏡電極，位於該發光元件的p型GaN半導體層上並形成有一p透明接觸電極膜。

第2B圖，繪示根據本發明的一種GaN LED發光元件剖面示意圖，該反射鏡p電極直接形成於該發光元件的p型GaN半導體層之 $Al_xGa_yIn_zN/Al_pGa_qIn_rN$ 超晶格半導體表面上。

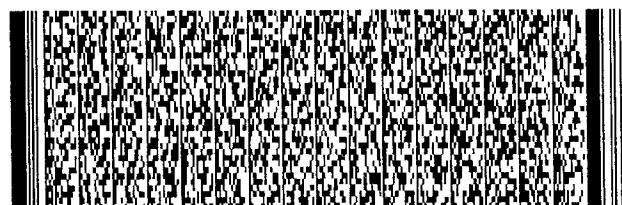
第3圖，繪示根據本發明的一種GaN LED發光元件剖面示意圖，該透明導電基板的電極接觸面被粗糙化。

第4圖，繪示根據本發明的一種GaN LED發光元件剖面示意圖，該透明導電基板的電極接觸面被粗糙化，其上並形成有一n透明導電膜。

第5A、5B圖，繪示根據本發明的GaN LED發光元件剖面示意圖，該透明導電基板的側面具有傾斜面，且電極接觸面小於磊晶面。

第6圖，為「第5A圖」所示之GaN LED發光元件的該電極接觸面加以粗糙化，其上並形成一n透明導電膜。

第7圖，為「第5A圖」所示之GaN LED發光元件的該電極接



圖式簡單說明

觸面上形成有n透明導電膜且延伸至該透明導電基板的側面。

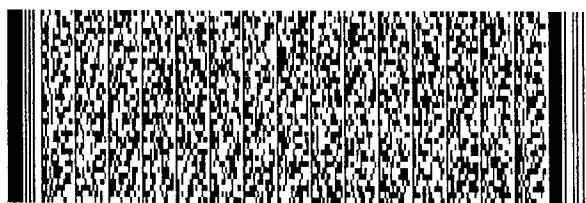
第8圖，為「第7圖」所示之GaN LED發光元件的該透明導電基板的電極接觸面與側面被粗糙化。

第9圖，繪示根據本發明的一種GaN LED發光元件剖面示意圖，該透明導電基板的側面為傾斜面，且電極接觸面大於磊晶面。

第10圖，為「第9圖」所示之GaN LED發光元件的該透明導電基板的電極接觸面被粗糙化，其上並形成有一n透明導電膜。

【圖式符號說明】

- 1 Sapphire 基板
- 2 磊晶層
- 3 n 電極
- 4 薄金屬p電極
- 5 n型氮化鎗半導體層
- 6 p型氮化鎗半導體層
- 7 金屬墊
- 8 保護層
- 11 透明導電基板
- 12 半導體元件結構
- 13 p透明接觸電極膜
- 14 反射鏡p電極
- 15 金屬n電極



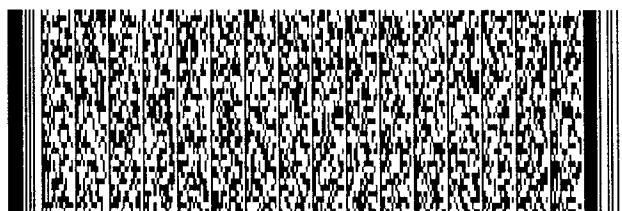
圖式簡單說明

- 16 n 透 明 導 電 膜
- 111 嵌 晶 面
- 112 電 極 接 觸 面
- 113 側 面
- 121 n 型 氮 化 物 半 導 體
- 122 p 型 氮 化 物 半 導 體



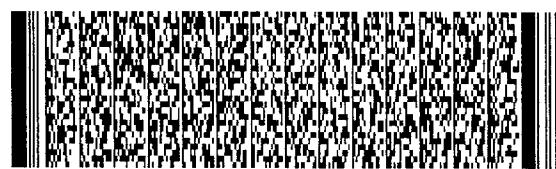
六、申請專利範圍

1. 一種氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件包含：
-n型透明半導體基板，具有一磊晶面以及一電極接觸面；
一半導體元件結構，成長於該n型透明半導體基板之該磊晶面上，該半導體元件結構至少由一n型氮化鎵系列III-V族化合物半導體以及一p型氮化鎵系列III-V族化合物半導體所組成；
-p透明接觸電極膜，形成於該半導體元件結構上，並與該p型氮化鎵系列III-V族化合物半導體形成低電阻歐姆接觸；
-反射鏡金屬p電極，形成於該p透明接觸電極膜上；
以及
-金屬n電極，形成於該電極接觸面上。
2. 如申請專利範圍第1項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面上，並具有一n透明導電膜，該n透明導電膜與該n型透明半導體基板形成低電阻歐姆接觸。
3. 如申請專利範圍第1項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之材質係選自n-GaN、n-ZnO、n-SiC、n-LiAlO₂、n-LiGaO₂所組成之族群中的任何一種。
4. 如申請專利範圍第1項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該半導體元件結構至少具有一組p-n junction。



六、申請專利範圍

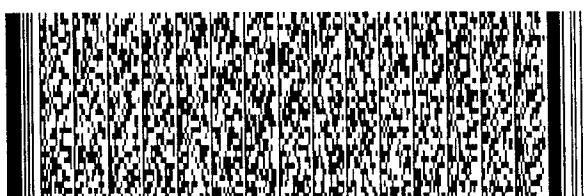
5. 如申請專利範圍第1項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該p透明接觸電極膜為p型氧化物半導體（p-type metal oxide semiconductor）或是p型氧化物半導體與貴金屬（noble metal）混合材料。
6. 如申請專利範圍第5項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該p型氧化物係選自MnO、FeO、CoO、NiO、PdO、MoO₂、MnO₂、Fe₂O₃、Co₃O₄、Cr₂O₃、CrO₂、Rh₂O₃、CuAlO₂、SrCu₂O₂等所組成之族群中的任何一種。
7. 如申請專利範圍第1項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該金屬p電極係選自Au、Al、Mg、Pt、Pd、Ag、Co、Ni、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、所組成之族群中的任何一種。
8. 如申請專利範圍第2項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n透明導電膜為透明導電氧化物。
9. 如申請專利範圍第8項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該透明導電氧化物係選自ITO、ZnO、SnO₂、In₂O₃、Tl₂O₃、CdO、In₄Sn₃O₁₂、ZnSnO₃、SnZn₂O₄、Zn₂In₂O₅、ZnGa₂O₄、CdSb₂O₆、GaInO₃、MgInO₄、AgInO₂、MIn₂O₄（M=Mg、Ca、Sr、Ba）等所組成之族群中的任何一種重攏雜之n型半導體氧化物。
10. 如申請專利範圍第1項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該金屬n電極係選自Ag、Al、



六、申請專利範圍

Pt、Pd、Au、Co、Ni、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、Cu所組成之族群中的任何一種。

11. 如申請專利範圍第1項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面可全部或部份粗糙化，平均粗糙度 ≥ 300 埃。
12. 如申請專利範圍第1項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之側面具有傾斜面。
13. 如申請專利範圍第12項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面大於該磊晶面。
14. 如申請專利範圍第12項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面小於該磊晶面。
15. 如申請專利範圍第14項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面與該側面可全部或部份粗糙化，平均粗糙度 ≥ 300 埃。
16. 如申請專利範圍第14項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面上，並具有一n透明導電膜，該n透明導電膜與該n型透明半導體基板形成低電阻歐姆接觸。
17. 如申請專利範圍第16項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n透明導電膜延伸至該n型透



六、申請專利範圍

明半導體基板之該側面。

18. 一種氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，包括：

一n型透明半導體基板，具有一磊晶面以及一電極接觸面；

一半導體元件結構，成長於該n型透明半導體基板之該磊晶面上，該半導體元件結構至少包含：

一n型氮化鎵系列III-V族化合物半導體；以及

一p型氮化鎵系列III-V族化合物半導體，其外層具
一p型 $Al_xGa_yIn_zN/Al_pGa_qIn_rN$ 超晶格半導體，其中
 $0 \leq x, y, z, p, q, r \leq 1$ ， $x+y+z=1$ ， $p+q+r=1$ ，
 $Al_xGa_yIn_zN$ 的能隙大於 $Al_pGa_qIn_rN$ ，且最外層為
 $Al_pGa_qIn_rN$ ；

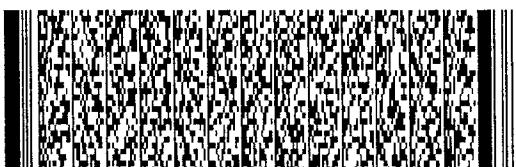
一反射鏡金屬p電極，形成於該p型

$Al_xGa_yIn_zN/Al_pGa_qIn_rN$ 超晶格半導體之該最外層
 $Al_pGa_qIn_rN$ 表面上；以及

一金屬n電極，形成於該電極接觸面上。

19. 如申請專利範圍第18項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面上，並具有一n透明導電膜，該n透明導電膜與該n型透明半導體基板形成低電阻歐姆接觸。

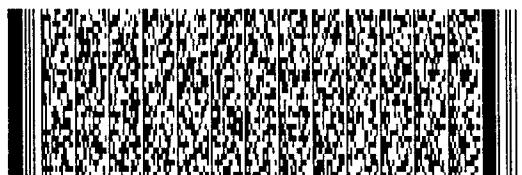
20. 如申請專利範圍第18項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之材質係選自n-GaN、n-ZnO、n-SiC、n-LiAlO₂、n-LiGaO₂所組



六、申請專利範圍

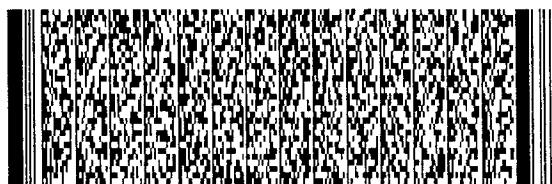
成之族群中的任何一種。

21. 如申請專利範圍第18項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該半導體元件結構至少具有一組p-n junction。
22. 如申請專利範圍第18項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該反射鏡金屬p電極係選自Ag、Al、Mg、Pt、Pd、Au、Co、Ni、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、所組成之族群中的任何一種。
23. 如申請專利範圍第19項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n透明導電膜為透明導電氧化物。
24. 如申請專利範圍第23項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n透明導電氧化物係選自ITO、ZnO、SnO₂、In₂O₃、Tl₂O₃、CdO、In₄Sn₃O₁₂、ZnSnO₃、SnZn₂O₄、Zn₂In₂O₅、ZnGa₂O₄、CdSb₂O₆、GaInO₃、MgInO₄、AgInO₂、MIn₂O₄（M=Mg、Ca、Sr、Ba）等所組成之族群中的任何一種重攪雜之n型半導體氧化物。
25. 如申請專利範圍第18項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該金屬n電極係選自Au、Al、Pt、Pd、Ag、Co、Ni、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、Cu所組成之族群中的任何一種。
26. 如申請專利範圍第18項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面可全部或部份粗糙化，平均粗糙度 ≥ 300 埃。

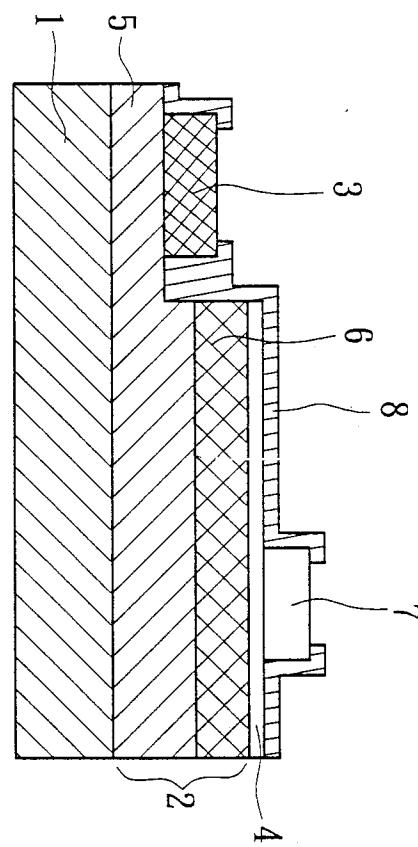


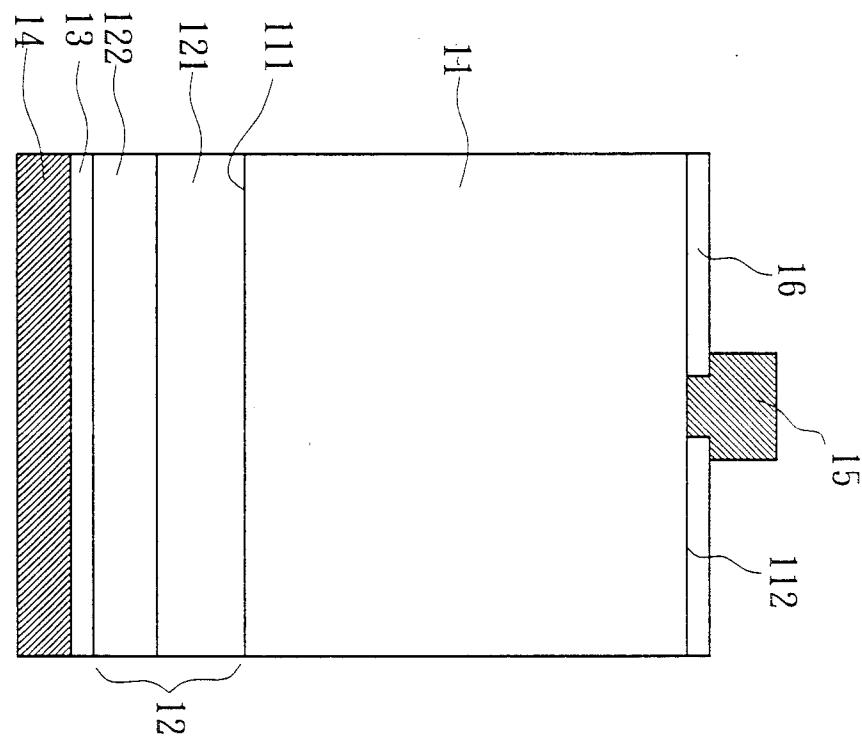
六、申請專利範圍

27. 如申請專利範圍第18項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之側面具有傾斜面。
28. 如申請專利範圍第27項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面大於該磊晶面。
29. 如申請專利範圍第28項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面小於該磊晶面。
30. 如申請專利範圍第29項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面與該側面可全部或部份粗糙化，平均粗糙度 ≥ 300 埃。
31. 如申請專利範圍第29項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n型透明半導體基板之該電極接觸面上，並具有一n透明導電膜，該n透明導電膜與該n型透明半導體基板形成低電阻歐姆接觸。
32. 如申請專利範圍第31項所述之氮化鎵系列III-V族化合物半導體發光元件，其中該n透明導電膜延伸至該n型透明半導體基板之該側面。

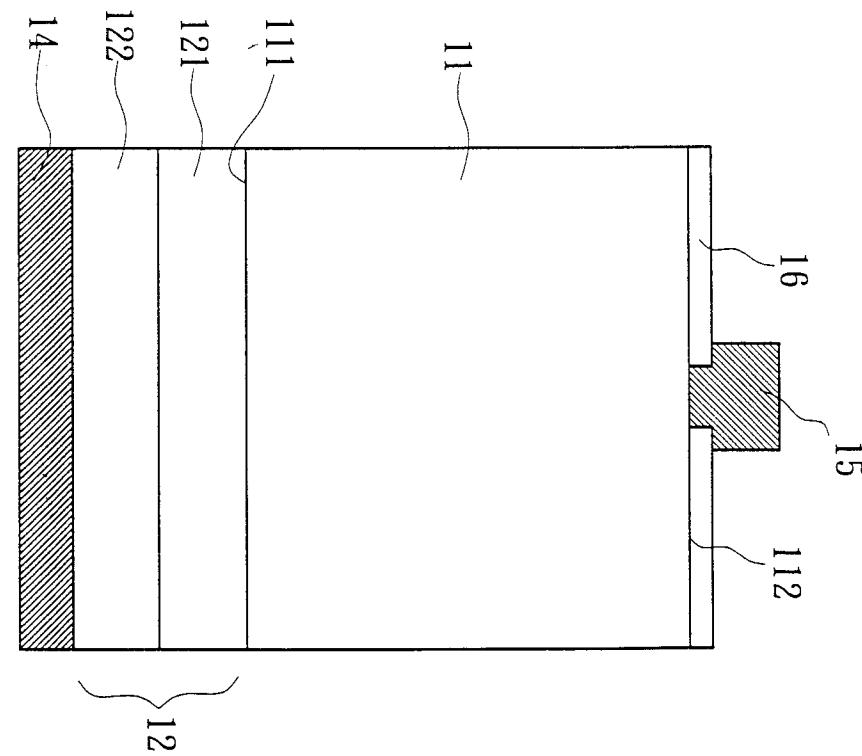


第1圖

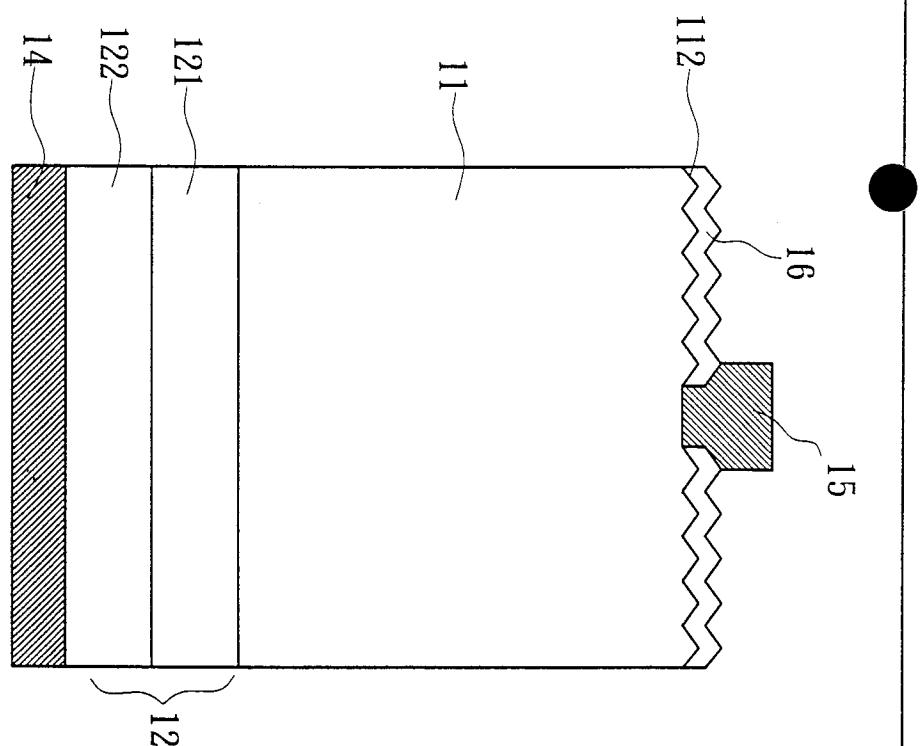
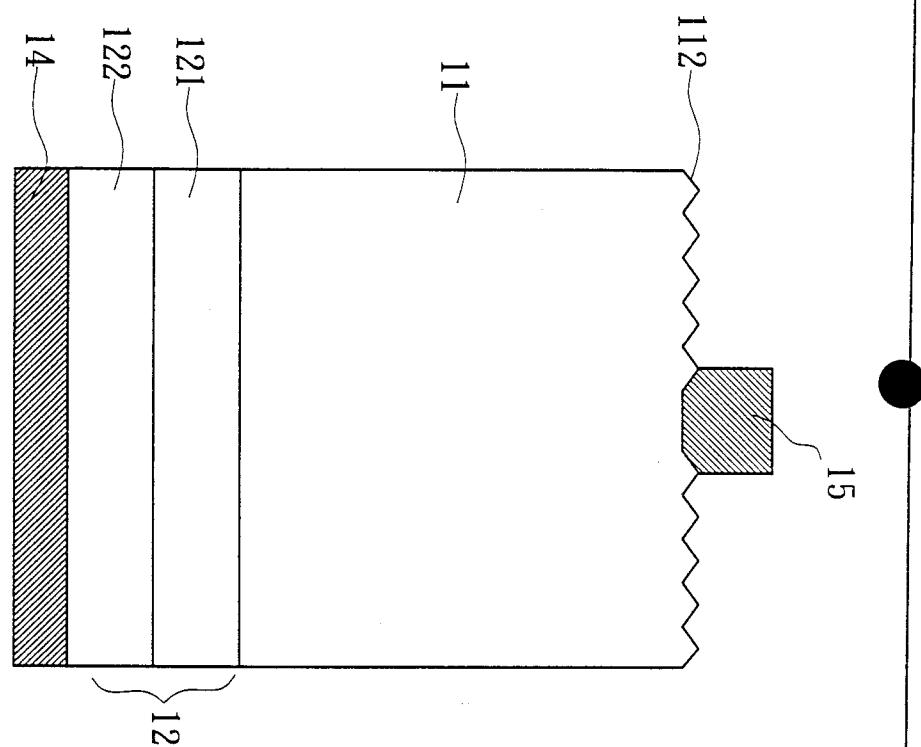




第2A圖



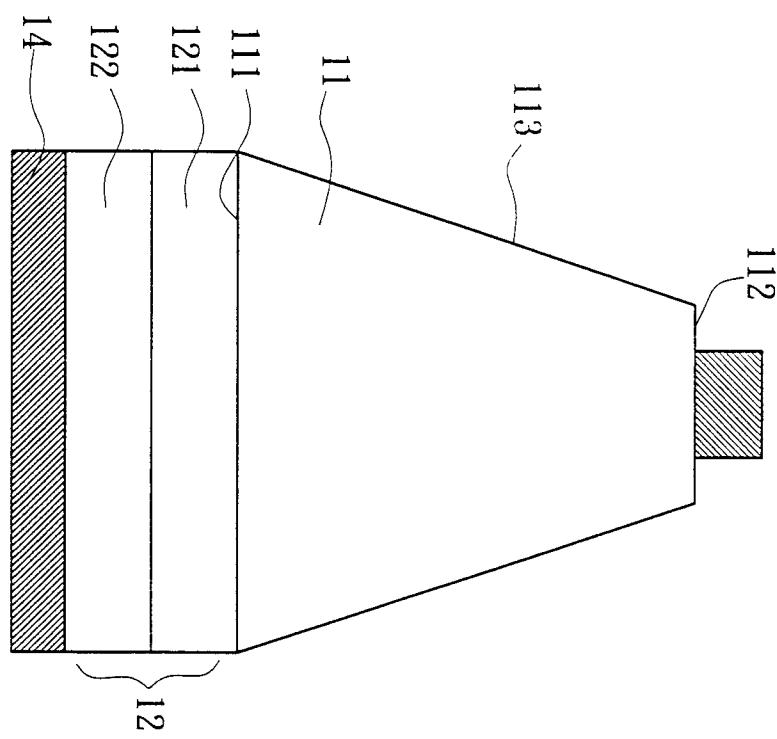
第2B圖



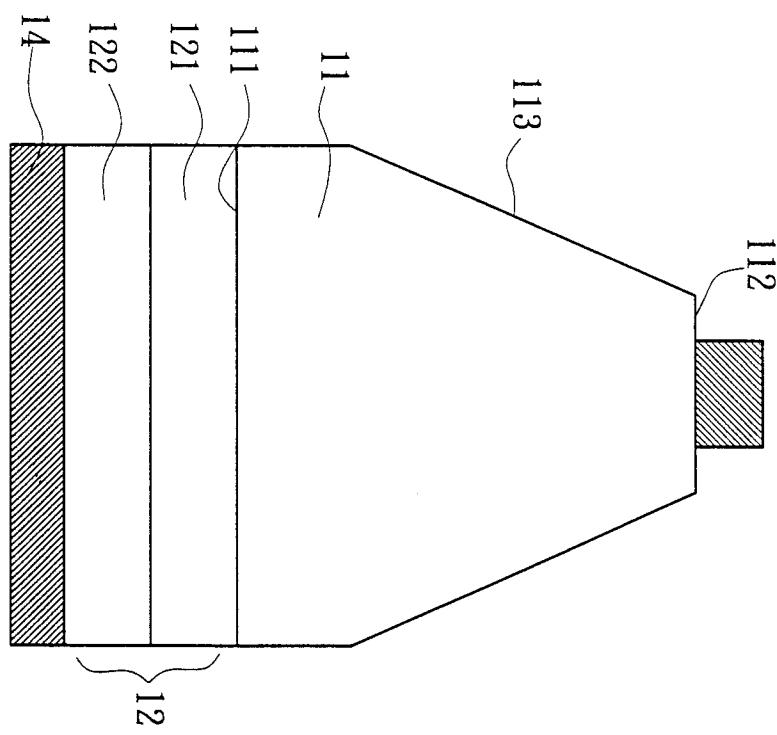
第3圖

第4圖

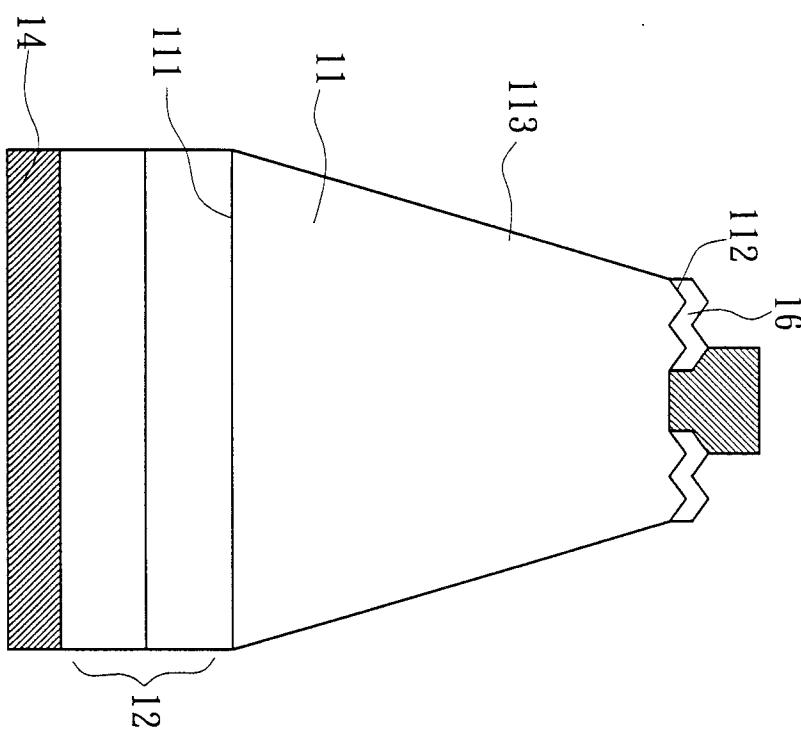
第5A圖



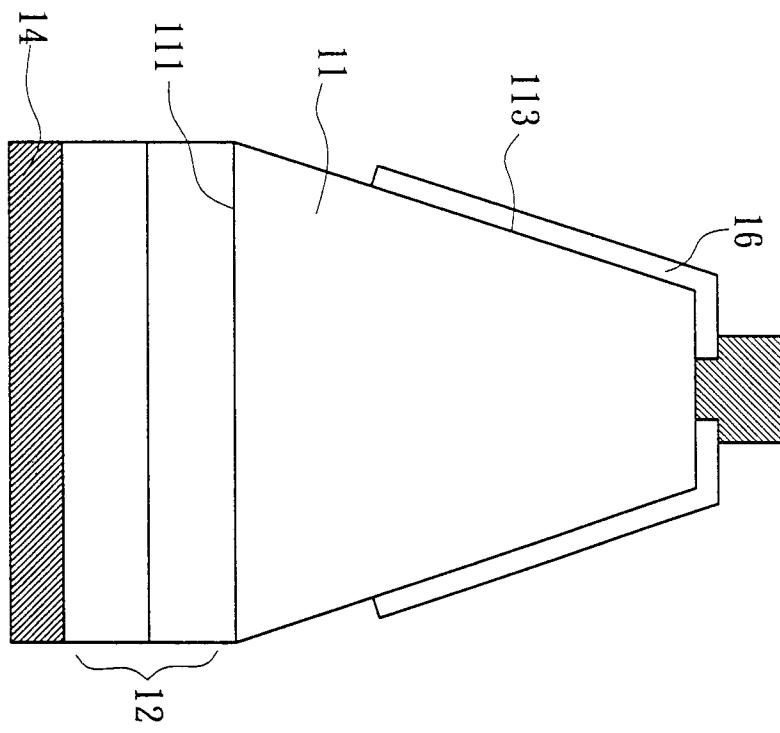
第5B圖

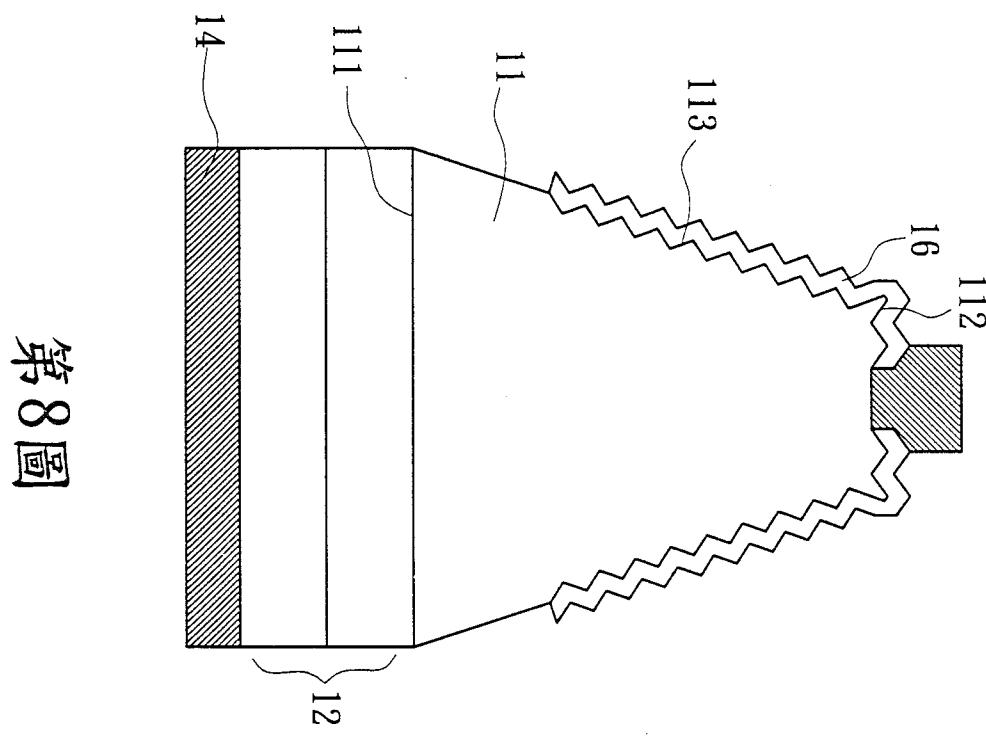


第6圖

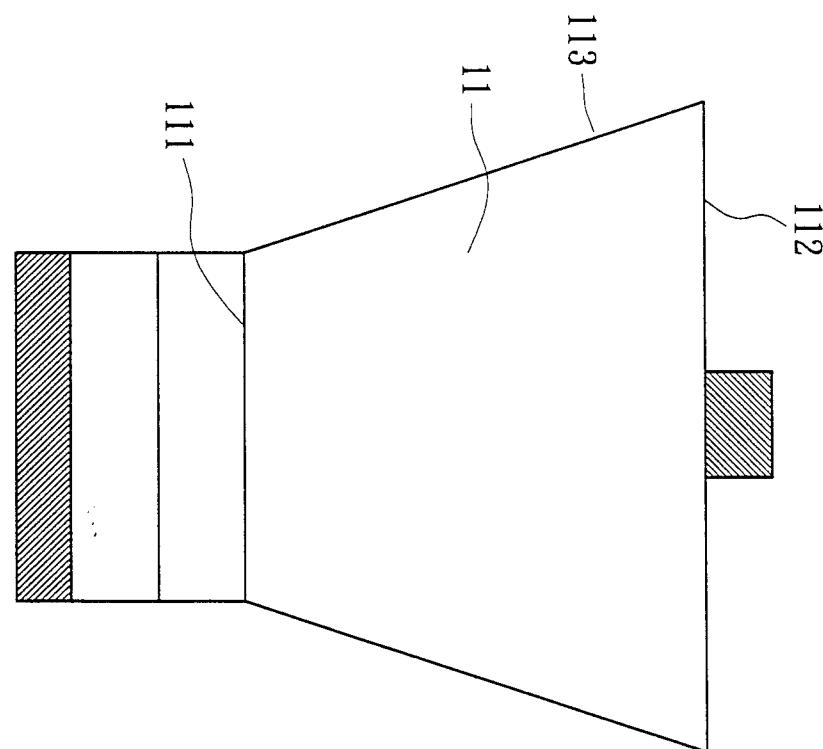


第7圖





第8圖



第9圖

第10圖

